RESEARCH HIGHLIGHT

March 2005

Technical Series 05-105

TESTING THE ADHESION OF AIR-BARRIER MEMBRANES IN WALL ASSEMBLIES

INTRODUCTION

Structural integrity of the air barrier is one of the requirements identified in the *1995 National Building Code of Canada* (NBCC). This means that an air-barrier system in a structure that is exposed to wind load should transfer the load to the structure. Further, the air-barrier system should be designed and built to resist specified wind loads.

One of the critical performance characteristics of air-barrier materials is long-term adhesion. An air-barrier system must be able to resist peak wind-loads, stack-pressure effects and sustained pressurization loads over the long-term without showing signs of detachment, rupturing, deflection or creep-load failure.

Currently, there is limited information about adhering air-barrier materials to an underlying surface, or how adhesion changes both over time and through exposure to different environmental conditions.

RESEARCH PROJECT

Retro-Specs Consultants Ltd., Winnipeg, conducted this research for Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC).

Objectives

- Evaluate and compare the adhesion performance between membranes and substrates of different air-barrier membrane materials and to determine whether time, environmental conditions or the type of primer used together with the membrane affect adhesion.
- Provide a benchmark for membrane–substrate adhesion that could provide both a reference point for comparison with other test results and quantifiable performance requirements that could be applied in the field.

Figure 1: The hand-operated digital fastener tester used for tensile adhesion.

Scope of work

1. Establish benchmarks for the adhesion strength between an air-barrier membrane and substrate.
2. Establish adhesion strength between an air-barrier membrane and substrate after exposure to different environmental conditions and to identify changes in adhesion performance compared to project benchmarks. This phase consisted of three mutually exclusive sections:

Canada

CMHC SCHL
HOME TO CANADIANS

- Exposure to low temperature.
- Exposure to high temperature and high humidity.
- Water saturation.

3. Establish adhesion strength between an air-barrier membrane and substrate after predetermined time intervals and determine whether adhesion performance increased, decreased or remained constant.

Environmental variables

To determine the effect of environmental conditions—cold temperatures, high temperature-high RH and wetting of substrate—on the performance of membrane–substrate adhesion strength of air-barrier systems. To make this determination, samples were either:

Exposed to a temperature of -20°C (-4°F) for 48 hours

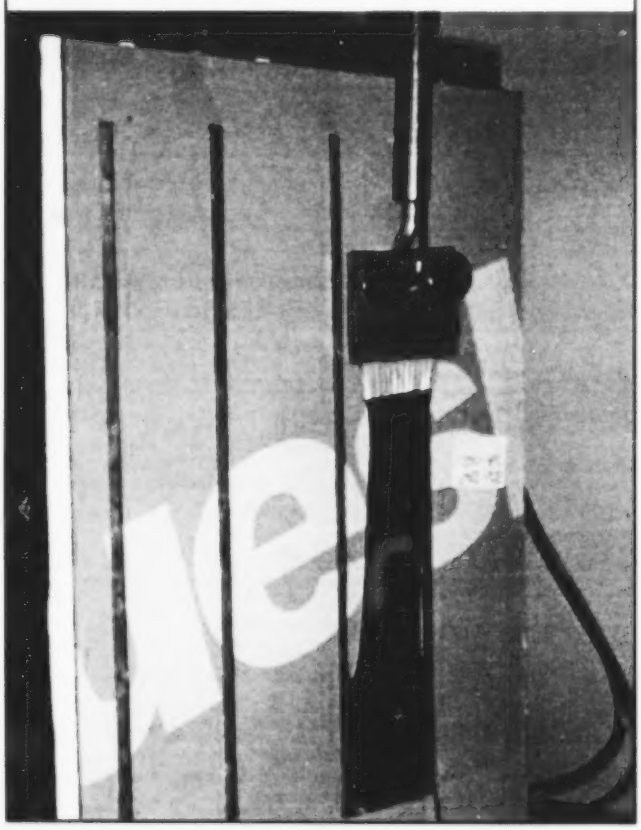
or

Exposed to a temperature of 25°C (77°F) at 95 per cent RH for 60 days

or

Saturated with water for eight days, after which the substrate was allowed to dry. Following each exposure condition, the researchers measured adhesion strength between the air-barrier material and substrate at room temperature.

Figure 2: Fast peel test



Sampling

A total of 375 specimens were constructed. Each of the 32 membrane-substrate combinations was considered a "system."

Construction of samples

Eight different membrane systems were considered:

- five self-adhesive sheet membrane systems
- one torch-applied sheet membrane system
- two liquid-membrane systems.

Each membrane system was tested on four substrates:

- exterior drywall
- glass-faced gypsum board
- poured-in-place concrete
- concrete block

The eight membrane systems and four substrates made a total test sample of 32 different air-barrier systems.

All specimens were constructed and membranes installed in strict accordance with manufacturers' recommendations under controlled laboratory conditions. Self-adhesive sheet membranes and torch-applied sheet membranes were installed over the complete surface of one side of the substrate, with a 3.8-cm (1.5-in.), folded, salvage-edge at the top of the sample to facilitate peel-adhesion testing. The specimens were allowed to cure for a minimum of 24 hours before conditioning or testing.

To prepare the liquid-membrane specimens, a skim coat of liquid-membrane material was applied over the complete surface of one side of the substrate. Liquid membranes were allowed to cure for a minimum of seven days before conditioning or testing.

Membrane adhesion to the substrate was tested three ways

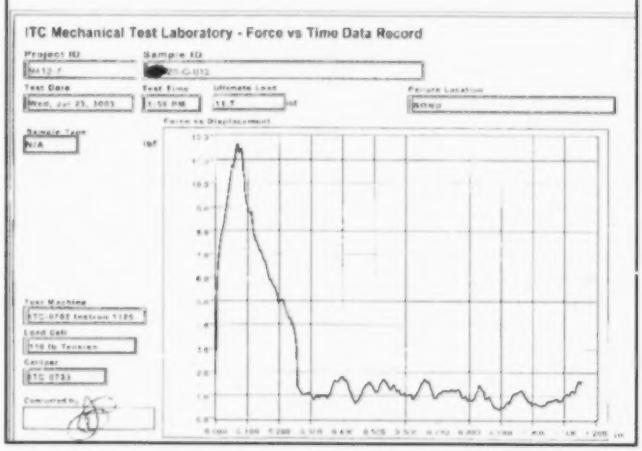
1. strength of tensile adhesion to the substrate
2. slow-peel resistance
3. fast-peel resistance.

Tensile adhesion testing was conducted in general accordance with ASTM D 4541, using a hand-operated, digital-fastener tester that applied a tensile load to the specimen.

Slow-peel resistance testing

Test specimens were mounted vertically on the wall and a 100-g (3.5-oz.) load was clamped onto the salvage edge on a strip of the membrane, placing a 180-degree peel-load against the salvage edge. The length of the portion of the strip that detached and peeled from the substrate was measured and recorded daily.

Figure 3: Example of tensile resistance graph showing failure load.



Fast-peel resistance testing

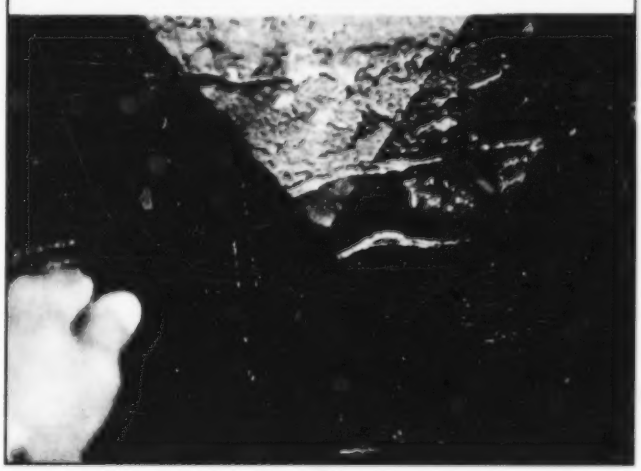
The rigid substrate of the test specimen was clamped to a vertical alignment plate mounted on the base of a universal testing machine equipped with a tension-load cell. The salvage edge on a strip of the membrane was folded back 180 degrees and firmly gripped with a specially fabricated clamp attached to the load-cell through a tension rod. The loading-cell was zeroed and the test machine was started to peel the strip from the rigid substrate. The force required to peel the strip from the substrate was recorded on graphs.

No sample was exposed to more than one of the conditioning variables. In other words, a specimen that was "frozen" was not then saturated—a different specimen was built and saturated.

SIGNIFICANT FINDINGS

- When installed under controlled laboratory conditions and without exposure to any of the control variables, the torch-applied sheet membrane, liquid membranes and self-adhesive sheet membranes–solvent-based primers consistently withstood tensile loads in excess of 172 kPa (25.0 psi) without detaching from the substrate.
- Some specimens of torch-applied sheet membranes, liquid membranes and self-adhesive sheet membranes-solent-based primers, remained adhered at tensile loads as high as 370 kPa (53.8 psi), 450 kPa (65.2 psi) and 278 kPa (40.4 psi).
- Self-adhesive sheet membranes–water-based primers consistently withstood tensile loads up to 103 kPa (15.0 psi) without detaching from the substrate, although the range between the high 220 kPa (32.0 psi) and low 50 kPa (7.2 psi) test results was significantly larger than those of the other membranes.
- Under controlled laboratory conditions and without exposure to any control variables, and with a sustained 100-g load clamped onto the membrane's salvage edge, adhesion of self-adhesive sheet membranes was affected by the load in the short-term, as the membrane either peeled from the substrate or the polyethylene carrier-sheet separated from the bitumen (which remained adhered to the substrate) within the 28-day, slow-peel resistance test period.
- The torch-applied sheet membrane and liquid membranes exhibited good short-term resistance to the sustained load, as there was little to no detachment of these membranes during the 28-day test period.
- When installed under controlled laboratory conditions and without exposure to any of the control variables, a peak-peel load greater than 1.93 kN/m (11.0 lbf/in.) was generally required to peel the torch-applied sheet membrane, asphalt-based liquid membrane and self-adhesive sheet membranes–solvent-based primers from the substrate during fast-peel resistance testing, with some specimens remaining adhered at loads in excess of 6.13 kN/m (35.0 lbf/in.).
- During fast-peel resistance testing, self-adhesive sheet membranes–water-based primers and the rubber-based liquid membrane consistently peeled from the substrate at peak-peel loads less than 1.93 kN/m (11.0 lbf/in.) and as low as 0.75 kN/m (4.3 lbf/in.) and 0.19 kN/m (1.1 lbf/in.).
- A membrane's tensile-adhesion test results did not necessarily correlate with its peel-resistance test results.
- Adhesion characteristics of self-adhesive sheet membranes under controlled laboratory conditions and without exposure to any of the control variables depended on the primer or primer–substrate combination used. Self-adhesive sheet membranes consistently withstood higher tensile and peel loads without detaching from the substrate when a solvent-based primer was used compared with a water-based primer in the short-term.
- Fast-peel resistance of self-adhesive sheet membranes/solvent-based primers *decreased* over a 60-day time period, by as much as

Figure 4: Adhesive failure in the field



19% on one product and 63% on another. Fast-peel resistance of self-adhesive sheet membranes/water-based primers *increased* over a 60-day time period, by as much as 14% on one, 25% on another and 97% on a product using a specially-formulated primer.

- It did not appear that exposure to a given control variable had a similar effect on all mem-branes or all membranes within a particular membrane class (self-adhesive, torch-applied, etc.), or even an individual membrane. The effect of each of the three conditioning cycles—low-temperature, high-temperature–high-humidity and saturation—on tensile adhesion and peel-resistance was generally specific to the combination of membrane, primer, and substrate.
- For most membranes, the tensile strength of adhesion between the membrane and substrate when installed on either drywall or glass-faced gypsum board was greater than the tensile strength of the drywall and glass-faced gypsum board material.

CMHC Project Manager: Luis de Miguel, ldemigue@cmhc.ca
Research conducted by Retro-Specs Consultants Ltd. Winnipeg

Kevin D. Knight (project manager)

Bryan J. Boyle, B. Comm. (assistant project manager/author)

Graham A. Knight (construction and testing manager)

Jack Guerreiro and Roland Robertson (test specimen preparation and testing)

Additional testing by Industrial Technology Centre (ITC) in Winnipeg

Engineering services by Gary Proskiw, P.Eng. of Proskiw Engineering Ltd. and Bert Phillips, P.Eng. of UNIES Ltd

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the *National Housing Act*, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This fact sheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's research.

To find more *Research Highlights* plus a wide variety of information products, visit our Web site at

www.cmhc.ca

or contact:

Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Phone: 1 800 668-2642
Fax: 1 800 245-9274

OUR WEB SITE ADDRESS: www.cmhc.ca

Although this information product reflects housing experts' current knowledge, it is provided for general information purposes only. Any reliance or action taken based on the information, materials and techniques described are the responsibility of the user. Readers are advised to consult appropriate professional resources to determine what is safe and suitable in their particular case. Canada Mortgage and Housing Corporation assumes no responsibility for any consequence arising from use of the information, materials and techniques described.

63876

LE POINT EN RECHERCHE

Mars 2005

Série technique 05-105

MISE À L'ESSAI DE L'ADHÉSION DES MEMBRANES PARE-AIR DANS LES MURS

INTRODUCTION

L'intégrité structurale du pare-air constitue l'une des exigences énoncées dans l'édition 1995 du *Code national du bâtiment du Canada* (CNBC). C'est donc dire que le pare-air d'un bâtiment exposé au vent doit transmettre la charge à l'ossature. De plus, le pare-air doit être conçu et constitué pour résister aux surcharges de vent spécifiées.

L'une des caractéristiques de performance fondamentales du pare-air réside dans son adhésion à long terme. En effet, le pare-air doit être en mesure de résister aux surcharges de pointe dues au vent, à l'effet de tirage et à des charges de pressurisation soutenues à longue échéance sans afficher de signes de décollement, de rupture, de fléchissement ou de défaillance sous l'action de charges de fluage.

À l'heure actuelle, il existe de l'information limitée concernant le mode d'adhésion du pare-air à la surface sous-jacente ou la façon dont l'adhésion change au fil du temps ou sous l'effet de différentes conditions environnementales.

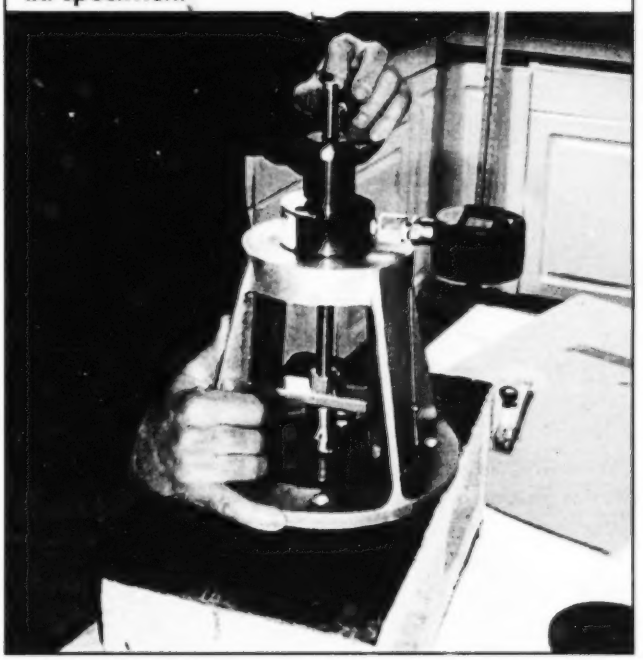
RECHERCHE

Le cabinet Retro-Specs Consultants Ltd., de Winnipeg, a mené la présente recherche pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL).

Objectifs

- Évaluer et comparer l'adhésion de membranes pare-air et de supports différents, en plus de déterminer si le temps, les conditions environnementales ou le type d'apprêt employé avec la membrane influent sur l'adhésion.
- Fournir un repère pour l'adhésion de la membrane au support, qui pourrait offrir à la fois un point de référence à des fins de comparaison avec d'autres résultats d'essais et exigences quantifiables en matière de performance qui pourraient s'appliquer à pied d'œuvre.

Figure 1 : Appareil numérique à commande manuelle appliquant une charge de tension au spécimen.



Étendue des travaux

1. Établir des repères à l'égard de la force d'adhésion retenant le pare-air au support.
2. Établir la force d'adhésion du pare-air au support après avoir été exposé à différentes conditions environnementales, et indiquer les changements d'adhésion par rapport aux repères de la recherche. Cette phase comportait trois volets mutuellement exclusifs :

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

- l'exposition à une basse température;.
- l'exposition à une température élevée et à un taux d'humidité élevé;
- la saturation d'eau.

3. Établir la résistance d'adhésion du pare-air au support après des intervalles prédéterminés et établir si l'adhésion a augmenté, diminué, ou est demeurée constante.

Variables environnementales

Pour déterminer l'effet des conditions environnementales, en l'occurrence les températures froides, le degré élevé de température ou d'humidité relative (HR) ainsi que le mouillage du support, sur l'adhésion de la membrane au support, des échantillons ont été :

exposés à une température de -20 °C (-4 °F) pendant 48 heures

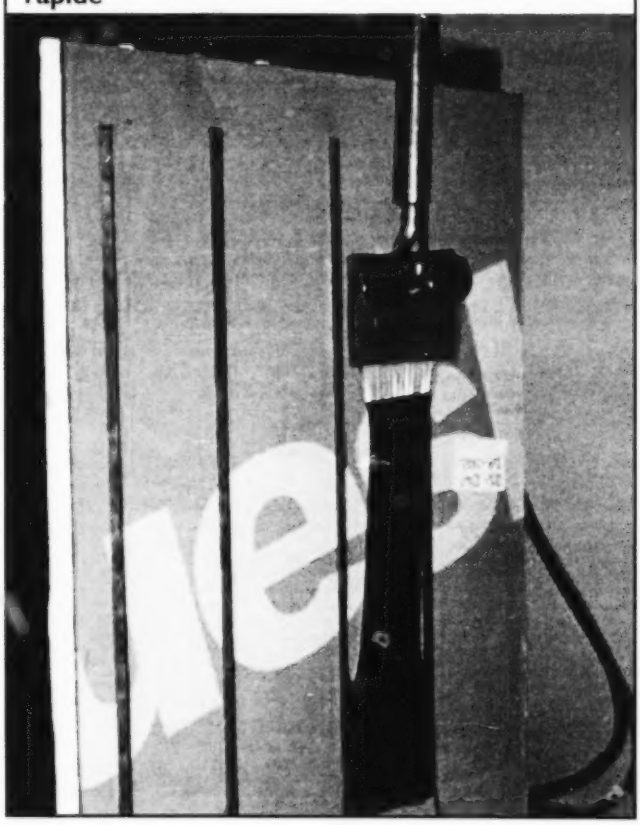
ou

exposés à une température de 25 °C (77 °F) à une HR de 95 % pendant 60 jours

ou

saturés d'eau pendant huit jours, puis on a laissé sécher le support. Suivant chaque condition d'exposition, les chercheurs ont mesuré la force d'adhésion retenant le pare-air au support à la température ambiante.

Figure 2 : Essai de résistance au décollement rapide



Échantillonnage

En tout, 375 spécimens ont été réalisés. Chacune des 32 combinaisons membrane-support a été considérée comme un « système ».

Confection des échantillons

Huit membranes différentes ont été étudiées :

- cinq membranes autoadhésives en feuille;
- une membrane en feuille appliquée au chalumeau;
- deux membranes liquides.

Chacune des membranes a été testée sur quatre supports :

- plaques de plâtre pour usage extérieur;
- plaques de plâtre revêtues de fibre de verre;
- béton coulé sur place;
- blocs de béton.

Les huit membranes et les quatre supports ont permis de constituer un échantillon total de 32 pare-air différents.

Tous les spécimens ont été réalisés et les membranes mises en œuvre en stricte conformité avec les instructions des fabricants dans des conditions contrôlées en laboratoire. Les membranes auto-adhésives en feuille et les membranes en feuille s'appliquant au chalumeau ont été mises en œuvre sur tout un côté du support, sauf sur une distance de 3,8 cm (1,5 po) où le bord supérieur non collé de l'échantillon a été replié pour faciliter l'essai d'adhésion et de décollement. On a laissé ensuite les spécimens mûrir pendant au moins 24 heures avant le conditionnement ou les essais.

Pour préparer les spécimens de membrane liquide, on a appliqué une couche de liaison de la membrane liquide sur tout un côté du support. On les a ensuite laissé mûrir pendant au moins sept jours avant le conditionnement ou les essais.

L'adhésion de la membrane au support a été testée de trois façons :

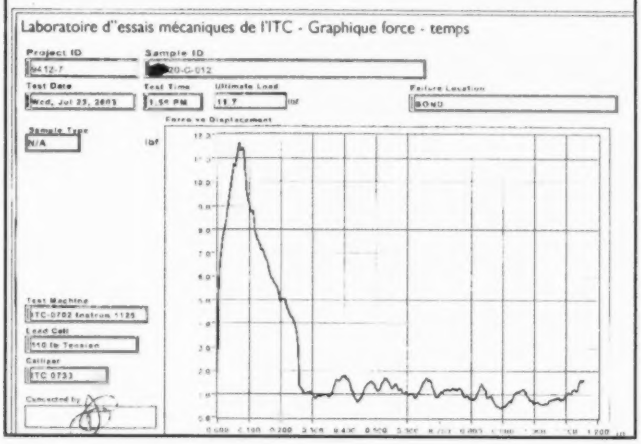
1. résistance à la traction de l'adhésion au support;
2. résistance au décollement lent;
3. résistance au décollement rapide.

Le test de résistance à la traction de l'adhésion a été mené en conformité générale avec la norme ASTM D 4541, au moyen d'un appareil numérique à commande manuelle, qui appliquait une charge de tension au spécimen.

Essai de résistance au décollement lent

Les spécimens d'essai ont été posés verticalement sur le mur et une charge de 100 g (3,5 oz) a été fixée au bord non collé de la bande de la membrane, en appliquant à 180° une charge d'arrachement contre le bord non collé. La longueur de la portion de la bande qui s'est détachée du support a été mesurée et consignée quotidiennement.

Figure 3 : Exemple de graphique de la résistance à la traction montrant la charge entraînant la défaillance



Essai de résistance au décollement rapide

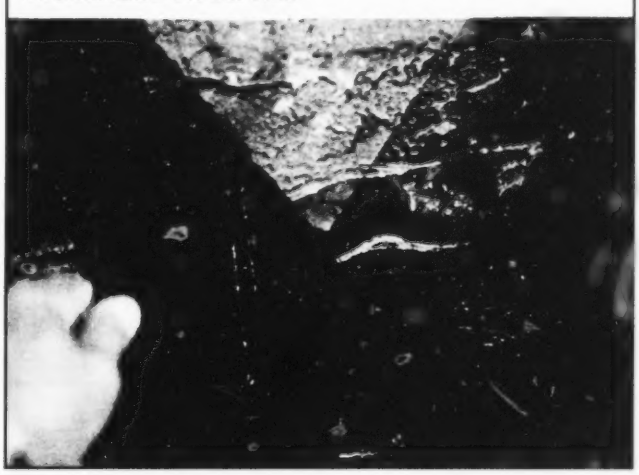
Le support rigide du spécimen d'essai a été fixé à une plaque verticale d'alignement montée sur la base d'une machine d'essai universelle équipée d'une cellule de charge de tension. Le bord non collé de la bande de la membrane a été replié à 180° et fermement serré en place à l'aide d'une bride de fabrication spéciale fixée à la cellule de charge par une tige de tension. La cellule de chargement a été remise à zéro et la machine d'essai a ensuite commencé à arracher la bande du support rigide. La force requise pour arracher la bande du support a été consignée au moyen de graphiques.

Aucun échantillon n'a été exposé à plus d'une des variables de conditionnement. En d'autres mots, un spécimen qui était « gelé » n'était pas alors saturé; un spécimen différent était construit, puis amené au point de saturation.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS

- Lorsqu'elles ont été mises en œuvre dans des conditions contrôlées en laboratoire, sans toutefois être exposées à l'une des variables de contrôle, la membrane en feuille appliquée au chalumeau, les membranes liquides et les membranes autoadhésives en feuille posées à l'aide d'apprêts à base de solvant ont toujours résisté à des charges de traction supérieures à 172 kPa (25 lb/po²) sans se détacher du support.
- Certains spécimens de membranes en feuille appliquées au chalumeau, de membranes liquides et de membranes autoadhésives posées à l'aide d'apprêts à base de solvant sont demeurés collés à des charges de traction atteignant 370 kPa (53,8 lb/po²), 450 kPa (65,2 lb/po²) et 278 kPa (40,4 lb/po²).
- Les membranes autoadhésives en feuille posées à l'aide d'apprêts à base d'eau ont toujours résisté à des charges de traction atteignant 103 kPa (15 lb/po²) sans se détacher du support, bien que la plage entre le maximum de 220 kPa (32 lb/po²) et le minimum de 50 kPa (7,2 lb/po²) ait été beaucoup plus importante que celle des autres membranes.
- Lorsqu'elles ont été mises en œuvre dans des conditions contrôlées en laboratoire, sans toutefois être exposées à l'une des variables de contrôle, mais assorties d'une charge soutenue de 100 g fixée au bord non collé de la membrane, les membranes autoadhésives en feuille ont vu leur adhésion être influencée par la charge à court terme, puisqu'elles se sont détachées du support ou que la feuille de polyéthylène s'est séparée du bitume (qui est demeuré collé au support) au cours de la période d'essai de résistance au décollement lent, d'une durée de 28 jours.
- La membrane en feuille appliquée au chalumeau et les membranes liquides ont affiché à court terme une bonne résistance à la charge soutenue, puisqu'elles se sont peu sinon pas du tout détachées au cours de la période d'essais de 28 jours.
- Lorsqu'elles ont été mises en œuvre dans des conditions contrôlées en laboratoire, sans toutefois être exposées à l'une des variables de contrôle, la membrane en feuille appliquée au chalumeau, la membrane liquide à base d'asphalte et les membranes en feuille autoadhésive posées à l'aide d'apprêt à base de solvant avaient généralement besoin d'une charge d'arrachement de pointe supérieure à 1,93 kN/m (11 lbf/po) pour se décoller du support au cours des essais de résistance à l'arrachement rapide, alors que certains spécimens sont restés collés à des charges supérieures à 6,13 kN/m (35 lbf/po).
- Lors de l'essai de résistance au décollement rapide, les membranes autoadhésives en feuille posées à l'aide d'un apprêt à base d'eau et la membrane liquide à base de caoutchouc se sont toujours détachées du support à des charges de pointe inférieures à 1,93 kN/m (11 lbf/po) et à des charges atteignant même 0,75 kN/m (4,3 lbf/po) et 0,19 kN/m (1,1 lbf/po).
- Les résultats des essais de résistance à la traction de l'adhésion de la membrane ne concordaient pas nécessairement avec les résultats des essais de résistance à l'arrachement.

Figure 4 : Défaillance d'adhésion de la membrane en service



- Les caractéristiques d'adhésion des membranes autoadhésives en feuille mises en œuvre dans des conditions contrôlées en laboratoire, sans toutefois être exposées à l'une des variables de contrôle, dépendaient de l'apprêt ou de la combinaison apprêt-support. Les membranes autoadhésives en feuille ont uniformément résisté à court terme à des charges de traction et d'arrachement plus élevées sans se détacher du support lorsqu'un apprêt à base de solvant avait été utilisé comparativement à un apprêt à base d'eau.
- La résistance au décollement rapide des membranes autoadhésives en feuille posées à l'aide d'un apprêt à base de solvant a diminué au cours d'une période de 60 jours, de 19 % pour un produit et de 63 % pour un autre. Par contre, la résistance au décollement rapide des membranes autoadhésives en feuille posées à l'aide d'un apprêt à base de'eau a augmenté au cours d'une période de 60 jours, de 14 % pour un produit, de 25 % pour un autre et de 97 % pour un produit posé à l'aide d'un apprêt de composition spéciale.
- Il n'a pas semblé que l'exposition à une variable de contrôle donnée ait eu un effet semblable sur toutes les membranes ou toutes les membranes à l'intérieur d'une catégorie particulière (autoadhésive, appliquée au chalumeau, etc.) ou même sur une membrane particulière. L'effet de chacun des trois cycles de conditionnement — température basse, température élevée, taux d'humidité élevé et saturation — sur la résistance à la traction de l'adhésion et la résistance à l'arrachement était généralement propre à la combinaison de membrane, d'apprêt et de support.
- Pour la plupart des membranes, la résistance à la traction de leur adhésion au support lorsqu'elles sont mises en œuvre sur des plaques de plâtre ordinaires ou des plaques de plâtre revêtues de fibre de verre était supérieure à la résistance à la traction des plaques de plâtre ordinaires et des plaques de plâtre revêtues de fibre de verre.

Directeur de projet : Luis de Miguel, ldemigue@cmhc.ca
Recherche menée par Retro-Specs Consultants Ltd. de Winnipeg

Kevin D. Knight (gestionnaire de projet)

Bryan J. Boyle, B. Comm. (gestion-naire de projet adjoint / auteur)

Graham A. Knight (gestionnaire de la construction et des essais)

Jack Guerreiro et Roland Robertson (préparation et mise à l'essai des spé-cimens)

Autres essais effectués par le Centre de technologie industrielle (ITC) de Winnipeg

Services de génie : Gary Proskiw, ing. du cabinet Proskiw Engineering Ltd. et Bert Phillips, ing. de UNIES Ltd.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

63877